

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-097502

(43)Date of publication of application : 12.04.1996

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 06-233178

(71)Applicant : ROHM CO LTD

(22)Date of filing : 28.09.1994

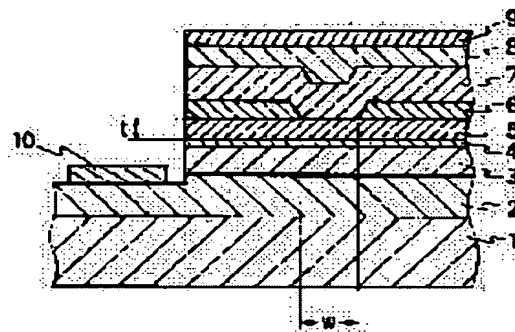
(72)Inventor : TANAKA HARUO
SHAKUDA YUKIO

(54) SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a structure, wherein the noise of oscillation light, the spread of light in the lateral direction, a kink and a longitudinal mode are easy to control, in the design of a semiconductor laser consisting of a GaN compound semiconductor.

CONSTITUTION: In a semiconductor laser manufactured into a structure, wherein an active layer 4 consisting of a gallium nitride compound semiconductor is pinched by upper clad layers 5 and 7 and a lower clad layer 3, which have a band gap energy larger than that of said active layer 4 and consist of the gallium nitride compound semiconductor, a current blocking layer 6 consisting of a semiconductor, which is a material to absorb light generated in the layer 4 and is different from the gallium nitride compound semiconductor, and formed with a striped groove is provided in the layer on at least one side of the layers 5 and 7 and the layer 3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

21.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3432909

[Date of registration]

23.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-97502

(43) 公開日 平成8年(1996)4月12日

(51) Int.Cl.⁶

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-233178

(22) 出願日 平成6年(1994)9月28日

(71) 出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地

(72) 発明者 田中 治夫

京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株式会社内

(72) 発明者 尺田 幸男

京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株式会社内

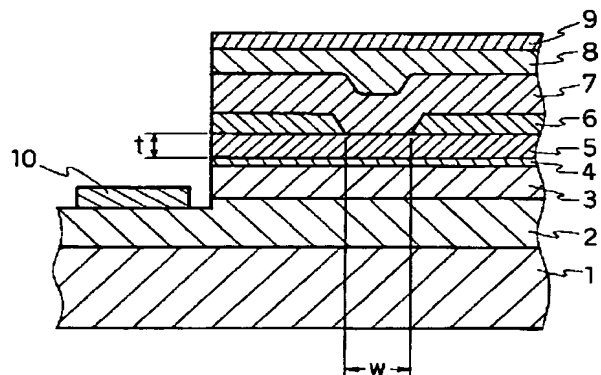
(74) 代理人 弁理士 河村 洸 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【目的】 GaN系化合物半導体からなる半導体レーザの設計上、発振光のノイズ、横方向の光の広がり、キンクおよび縦モードの制御が行われやすい構造を提供する。

【構成】 チッ化ガリウム系化合物半導体からなる活性層が該活性層4よりバンドギャップエネルギーが大きいチッ化ガリウム系化合物半導体からなる上部および下部クラッド層3、5、7により挟持されてなる半導体レーザであって、前記上部または下部クラッド層の少なくとも一方の層中に前記活性層で発生せられる光を吸収する材料で、かつ、チッ化ガリウム系化合物半導体とは異なる半導体からなり、ストライプ溝が形成された電流阻止層6が設けられている。



- | | |
|-----------|-------------|
| 1 基板 | 5 上部第1クラッド層 |
| 2 バッファ層 | 6 電流阻止層 |
| 3 下部クラッド層 | 7 上部第2クラッド層 |
| 4 活性層 | |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 チッ化ガリウム系化合物半導体からなる活性層が該活性層よりバンドギャップエネルギーが大きいチッ化ガリウム系化合物半導体からなる上部および下部クラッド層により挟持されてなる半導体レーザであって、前記上部または下部クラッド層の少なくとも一方の層中に前記活性層で発生せられる光を吸収する材料で、かつ、チッ化ガリウム系化合物半導体とは異なる半導体からなり、ストライプ溝が形成された電流阻止層が設けられてなる半導体レーザ。

【請求項2】 前記活性層が $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) 化合物半導体からなり、前記上部および下部クラッド層が $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z < 1$) 化合物半導体からなる請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記電流阻止層が、該電流阻止層周囲の前記クラッド層と反対の導電型または抵抗率の大きい層である請求項1または2記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記電流阻止層が Si または Ge からなる請求項1、2または3記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記電流阻止層が GaAs 、 GaP 、 InP 、 AlGaAs 系および AlGaP 系よりなる群から選ばれた少なくとも1種の化合物半導体材料からなる請求項1、2または3記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体レーザに関する。さらに詳しくは、チッ化ガリウム系化合物半導体からなり、青色の光を発するのに好適な半導体レーザに関する。

【0002】 ここにチッ化ガリウム (GaN) 系化合物半導体とは、III 族元素の Ga と V 族元素の N との化合物または III 族元素の Ga の一部が Al 、 In など他の III 族元素と置換したものおよび/または V 族元素の N の一部が P 、 As など他の V 族元素と置換した化合物からなる半導体をいう。

【0003】

【従来の技術】 従来から、 GaAs を用いて赤外線もしくは赤色のレーザ光を発する半導体レーザを作製する技術は広く普及している。これに対し、可視光領域においてこれより波長の短い青色のレーザ光を発生する半導体レーザが望まれていたが、 GaN 系の化合物半導体を用いることにより、青色の光を発する発光ダイオード（以下、 LED という）の製造が可能となり、青色の半導体レーザの開発もされつつある。しかしながら、このような GaN 系の化合物半導体を用いた半導体レーザにおいては、 GaAs 系化合物（ Ga と As の化合物およびその Ga の一部が Al など他の III 族元素と置換した化合物。以下同じ）半導体を用いた半導体レーザの光吸収層と電流阻止層を兼ねあわせた屈折率導波構造半導体レーザに対応するものが作製困難である。すなわち、電

流阻止層を吸収層とするためには、バンドギャップエネルギーを活性層と同程度かそれより小さくしなければならず、活性層に InGaN 系の半導体層が用いられると電流阻止層に In の組成比の大きい半導体材料を用いなければならない。しかし In の組成比が大きくなると In 原子が通常の成長温度では蒸発しやすく組成を制御しての成膜が困難となる。

【0004】 そこで、 GaN 系化合物半導体を用いた半導体レーザの構造として図2もしくは図3に示されるものが考えられている。図2のものを説明すると、サファイア基板1の上に、 GaN からなるバッファ層2、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z < 1$) からなる下部クラッド層3、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) からなる活性層4、 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ からなる上部クラッド層5、コンタクト層8が順次積層され、さらにその上にストライプ状の上部電極9が設けられている。また、下部クラッド層3またはバッファ層2の表面が一部露出するまでその上の層が除去され、その露出した表面に下部電極10が取付けられている。ここで、上下両電極9、10間に電圧が印加されるとき、上部電極9の形状に従って、活性層4においてその中央部の一部にのみ電流が流れ、活性領域とされてレーザ光が発生される。しかしこのような構造の半導体レーザにおいては、活性領域に注入される電流の制御が困難となる。

【0005】 また図2のものと対応する部分には同じ番号が付されている図3については、上部電極9およびその下の半導体層がストライプ状に残るように、その両側の部分が上部クラッド層5の途中まで、上面からエッチング除去されてメサ形状とされている。このような構造によると、図2のものに比較して注入される電流の制御が容易になるが、製造上寸法の制御が困難であり、また、エッチング除去されて露出するストライプ状部分の側面が、そのエッチングによってダメージを受け易く、質のよい半導体レーザがえられていない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 GaN 系化合物半導体は GaAs 系化合物半導体とバンドギャップエネルギーや屈折率が異なり、 GaAs 系化合物半導体を用いた半導体レーザと同様の構成で GaN 系化合物半導体を用いた半導体レーザをうることができない。前述の図2に示される構造の半導体レーザでは活性層とのあいだの距離をとらなければならないが、 GaN 系化合物半導体では p 型層のキャリア濃度をあまり上げることができず、抵抗が大きくなるため、電力が大きくなるとともに、活性層との距離が大きいため、電流注入領域が拡がり易い。また図3に示される構造においてはメサ型形状にするためのエッチングをしなければならないが、 GaN 系化合物半導体は GaAs 系に比べてエッチングが困難であり、ウェットエッチングをするばあいは $150 \sim 250^\circ\text{C}$ 以上の高温で $1 \sim 60$ 分程度のエッチングをしなければなら

ない。すなわち、低温ではエッチング時間が長く、高温にすれば早くなるがエッチングの制御が困難となる。またドライエッチングのばあいは塩素ガス雰囲気の下で、反応性イオンエッチングをしなければならず、エッチング面がダメージを受けたり、エッチングの際に生じるコンタミネーションが付着するという問題がある。

【0007】また、光の吸収材料により電流阻止層を形成するには、前述のようにチツ化ガリウム系化合物半導体からなる光の吸収材料の成膜が困難で、複素屈折率導波構造の半導体レーザがえられないという問題がある。

【0008】一般に横方向に屈折率差を有しない利得導波型の半導体レーザは戻り光ノイズは小さいが、横モードが不安定でキンクが生じ易い。一方屈折率導波構造型の半導体レーザは戻り光誘起ノイズを発生し易いが単一縦モードを発振し易く、可干渉性が高い。そのため、両タイプの長所を取り入れ、戻り光ノイズが小さく、キンクレベルを高くした安定な発振の半導体レーザをうるには、両タイプの構造を取り入れることが好ましいが、適当な吸収材料からなる電流阻止層がえられていない。

【0009】本発明はこのような問題を解決し、GaN系化合物半導体を用いた半導体レーザにおいて、GaN系化合物半導体と異なる半導体材料を用いて電流阻止層を光吸収層として形成することにより、発振光のノイズの制御（低ノイズ化）、横方向の光の広がり制御およびキンク、縦モードの制御が容易に行われうる半導体レーザを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体レーザは、チツ化ガリウム系化合物半導体からなる活性層が該活性層よりバンドギャップエネルギーが大きいチツ化ガリウム系化合物半導体からなる上部および下部クラッド層により挟持されてなる半導体レーザであって、前記上部または下部クラッド層の少なくとも一方の層中に前記活性層で発生せられる光を吸収する材料で、かつ、チツ化ガリウム系化合物半導体とは異なる半導体からなり、ストライプ溝が形成された電流阻止層が設けられている。

【0011】前記活性層が $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) 化合物半導体からなり、前記上部および下部クラッド層が $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z < 1$) 化合物半導体から構成されうる。

【0012】前記電流阻止層が、該電流阻止層周囲の前記クラッド層と反対の導電型または抵抗率の大きい層であることにより、該電流阻止層が有効に電流を阻止する層として働くので好ましい。

【0013】このばあい、前記電流阻止層の材料として、Si または Ge が適切である。また、前記電流阻止層は、GaAs、GaP、InP、AlGaAs 系または AlGaP 系のうちの少なくともいずれか 1 種の化合物半導体材料からなるものであってもよい。

【0014】ここにたとえば AlGaAs 系または AlGaP 系とは、たとえば Al と Ga の混晶比を種々変化させた Al および Ga と As または Al および Ga と P との化合物半導体の全体を意味する。

【0015】

【作用】本発明によれば、GaN 系化合物半導体からなる半導体レーザのクラッド層中に、活性層で発生されるレーザ光を吸収する層が設けられ、該層にストライプを形成して電流阻止層としているため、ストライプの幅や電流阻止層と活性層との間隔などを調整することにより、発振光のノイズの制御（低ノイズ化）、横方向の光の広がり制御およびキンク、縦モードの制御を容易に行える半導体レーザを設計することができる。

【0016】

【実施例】つぎに、本発明の半導体レーザを図面を参照しながら詳細に説明する。

【0017】図 1 は、本発明の半導体レーザの一実施例を示す断面説明図である。図 1 において、サファイア (Al_2O_3 単結晶) などからなる基板 1 の上に、たとえば n 型の GaN からなるバッファ層 2 が $2 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度、n 型の $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z < 1$ 、たとえば $z = 0.2$) からなる下部クラッド層 3 が $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度、ノンドープまたは n 型もしくは p 型の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$ 、たとえば $x = 0.15$) からなる活性層 4 が $0.05 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 程度、たとえば p 型の $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ からなる上部第 1 クラッド層 5 が $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度、n 型の Si からなる電流阻止層 6 が $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 程度、p 型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ からなる上部第 2 クラッド層 7 が $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度、p 型の GaN からなるコンタクト層 8 が $0.3 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度それぞれ順次積層され、かつ、その積層体の表面に Au などからなる上部電極 9、およびその積層体の一部において表面から下部クラッド層 3 またはバッファ層 2 が露出する位置までエッチングされ、下部電極 10 が取り付けられている。また、電流阻止層 6 は、一部ストライプ状にエッチングで取り除かれて開口を有し、活性層に至る電流のための電流路を形成している。これらの各半導体層は、有機金属気相成長（以下、MOCVD という）法によって積層され、その積層工程の途中に電流阻止層 6 のエッチング工程が設けられている。基板 1 がサファイアなどの絶縁基板ではなく、半導体基板のばあいは、積層体の一部をエッチングしなくても裏面に下部電極を設けることができる。

【0018】本発明は電流注入領域を規制するため、ストライプ溝が形成された電流阻止層 6 を活性層 4 で発生する光を吸収する材料、たとえば GaN 系化合物半導体とは異なる Si で構成し、電流注入領域を規制するための層としての機能のほか、活性層 4 で発生する光を吸収して活性層の横方向（ストライプ領域の外側）での屈折率差を設けて屈折率導波構造とする機能を併せ有してい

ることに特徴がある。

【0019】電流阻止層6としては活性層4で発生する光を吸収する材料、すなわちバンドギャップエネルギーが活性層4の材料より小さく、かつ、屈折率が活性層4の材料より大きい材料が選定される。その例としては前述のSiのほかに、Ge、GaAs、GaP、InP、AlGaAs系、AlGaP系などを使用することができる。GaN系化合物半導体層の中に設けられる電流阻止層は本来GaN系材料であることが格子整合の点から好ましいが、前記バンドギャップエネルギーを満たす材料としては前述のようにInの組成比を増やす必要があり、膜質のよい半導体層がえられない。そこで本発明者らが鋭意検討を重ねた結果、GaN系化合物半導体とは異なるが、Inの組成比が大きいGaN系化合物半導体よりクラッド層としてのAl、Ga_{1-r}Nと格子整合のよいIV族半導体Si、GeやGaAs系、GaP系（GaPのほか、Gaの一部がAlなど他のIII族元素と置換したものを含む）、InP系の化合物半導体を用いることにより活性層の光を吸収し、膜質のよい半導体層がえられ高特性の半導体レーザがえられることを見出し

た。

【0020】クラッド層中にSiやGeからなる半導体層を形成するには、MOCVD装置で炉内温度を500～1000℃にし、導入ガスをSiH₄、またはGeH₄、などとドーパントのPH₃、などに代えて気相反応させることにより単結晶層を成長させることができる。またGaAsやGaPを成長させるには、Gaの原料ガスとともにAsの原料ガスであるターシャリブチルアルシン（TBA）、Pの原料ガスであるターシャリブチルホスフィン（以下、TBPという）などを導入することにより同様にGaAsやGaPなどの単結晶層を成長させることができる。

【0021】本発明の半導体レーザによれば、電流阻止層6が光吸収材料からなっているため、電流阻止層6のストライプの幅Wおよび電流阻止層6と活性層4との間隔tの両方が半導体レーザを設計する上でのパラメータとして用いられており、たとえば、tを1μm以上と大きくすると電流注入領域が制御される構造（利得導波モード）がえられ、ノイズに強い半導体レーザとなる。また、tを0.1μm以下と小さくすると、屈折率が制御される構造（屈折率導波モード）がえられ、キンクベルが高くなる。一方で、Wを小さくして射出されるレーザ光の広がり角度が大ききものをうることも、Wを大きくしてその広がり角度の小さきものをうることもできる。たとえば、Wが2μmなら広がり角度は15°程度、Wが4μmなら広がり角度が9°程度となるが、この広がり角度9°のレーザ光は、一般に広く用いられている。

【0022】なお、本実施例においては、電流阻止層を上部クラッド層中に設ける構造としたが、下部クラッド層中に設けることも可能である。

【0023】また前記実施例では、バッファ層2、コンタクト層8としてGaN、クラッド層3、5、7にAl、Ga_{1-r}N、活性層4にIn、Ga_{1-r}Nを用いたが、活性層4がクラッド層3、5よりバンドギャップエネルギーが小さく、かつ、屈折率が大きい材料で電流阻止層6のバンドギャップエネルギーが前述の関係を満たせば、一般式Al_rGa_sIn_{1-r-s}N（0≤r<1、0<s≤1、0<r+s≤1）として表わされる化合物半導体の組成比を変えた材料を用いることができる。さらに前記一般式のNの一部または全部がPおよび/またはAsと置換したものでもよい。

【0024】つぎに前記半導体レーザの製法を説明する。

【0025】まず、サファイアなどからなる基板1を反応管内に設置し、キャリアガスのH₂を10slm、反応ガスのトリメチルガリウム（以下、TMGという）を100sccmおよびNH₃を10slm導入してMOCVD法により400～700℃で気相成長させ、0.01～0.2μm程度の厚さのGaNからなる多結晶膜である低温バッファ層を成膜した。ついで700～1200℃に昇温し、10～60分程度放置することにより低温バッファ層の多結晶膜が単結晶化し、その上に前述と同じ原料ガスを導入して700～1200℃の高温で気相反応させることによりGaNの単結晶からなる高温バッファ層を2～5μmの厚さに成膜し、バッファ層2とした。

【0026】さらにトリメチルアルミニウム（以下、TMAという）を10～200sccmの流量で混入して気相反応させることにより、n型のAl_{1-r}Ga_rNからなる下部クラッド層3を0.1～0.3μmの厚さに成膜した。

【0027】つぎにドーパントのSiH₄を止めるとともにTMAに代えてトリメチルインジウム（以下、TMIという）を10～200sccmの流量で供給してIn、Ga_{1-r}Nからなるノンドープの活性層4を0.05～0.1μm程度成膜し、さらにn型の下部クラッド層3と同じ組成の原料ガスを供給し、不純物原料ガスをSiH₄に代えてビスシクロペンタジエニルマグネシウム（以下、Cp₂Mgという）またはジメチル亜鉛（以下、DMZnという）を10～1000sccmの流量で導入してAl_{1-r}Ga_rNからなるp型の上部第1クラッド層5を0.1～0.3μmの厚さで成膜し、ついで原料ガスをSiH₄とし、ドーパントガスとしてTBPを供給して電流阻止層とするためのn型のSi層を0.15～0.5μm程度成膜した。

【0028】そののち、炉内温度を30℃程度まで下げ、MOCVD装置から半導体層が積層された基板を取り出し、フォトリソグラフィ工程によりエッチングしてストライプ溝を形成し、電流阻止層6を形成した。

【0029】そののち、再度MOCVD装置内に基板を

7

入れ、700～1200℃にして前述と同様に反応ガスとしてTMG、NH₃、TMAおよびドーパントとしてCp₂MgまたはDMZnを供給しp型のAl_{0.5}Ga_{0.5}Nからなる上部第2クラッド層7を0.5～2μm、さらにTMAを止めてGaNからなるコンタクト層8を0.2～3μm程度それぞれ形成した。そののちSiO₂、Si₃N₄などの保護膜を半導体層表面全面に設け400～800℃、20～60分間程度のアニールを行い、p型クラッド層5、7およびコンタクト層8の活性化を行った。

【0030】つぎに下部電極10を形成するため、レジスト膜などによりマスクを形成してCl₂ガス雰囲気の下で積層された半導体層の一部に反応性イオンエッチングを行い、n型層である下部クラッド層3またはバッファ層2を露出させ、コンタクト層8上にAu、Au-Znなどからなる上部電極9、バッファ層2上にAl、Au-Geなどからなる下部電極10を形成し、ダイシングすることにより半導体レーザのチップを形成した(図1参照)。

【0031】

【発明の効果】本発明の半導体レーザによると、チツ化ガリウム系化合物半導体からなる半導体レーザにおいて電流阻止層によって活性層で発生する光の吸収が行われ*

8

るため、レーザ光の共振モードを設計する上で、極めて有効な構造がえられる。とくに、パラメータとなる電流路のストライプ幅W、活性層と吸収層との間隔tを調節することによって光の導波状態を調整することができる。さらに、導波路(およびその上下左右の材料)の屈折率などを考慮すればコンピュータシミュレーションなどを利用した計算が可能となり、半導体レーザの設計が容易となる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明の半導体レーザの一実施例の断面説明図である。

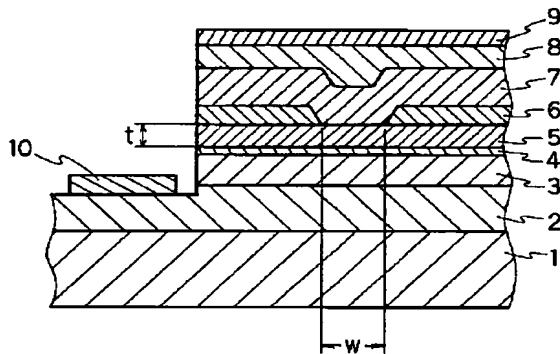
【図2】従来の半導体レーザを示す断面説明図である。

【図3】従来の他の半導体レーザを示す断面説明図である。

【符号の説明】

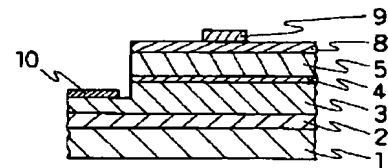
- 1 基板
- 2 バッファ層
- 3 下部クラッド層
- 4 活性層
- 5 上部第1クラッド層
- 6 電流阻止層
- 7 上部第2クラッド層

【図1】



- 1 基板
- 2 バッファ層
- 3 下部クラッド層
- 4 活性層
- 5 上部第1クラッド層
- 6 電流阻止層
- 7 上部第2クラッド層

【図2】



【図3】

